

Produção de Biodiesel por Algas: Integração com Processos de Carcinicultura

The production of biodiesel by algae: Integration with shrimp farming

Rafael Mariano Dantas Silva¹, Richard Guimarães Bacholsky¹ e Carlos Enrique de M. Jerônimo³

¹Engenheiro de Petróleo e Gás, UNP, Natal, RN, Brasil

²Doutor em Engenharia Química, UNP, Natal, RN, Brasil

Resumo

A produção de biodiesel no mundo tem crescido constantemente e junto suas tecnologias. Os recursos naturais são abundantes, no entanto há certa dificuldade na extração da biomassa desses recursos, na maioria dos casos financeiros. Um deles são as algas que mesmo tendo um potencial exponencial na geração de biodiesel, encontra um gargalo enorme quanto ao custo do mesmo. Existe pelo menos quatro mecanismo de recuperação de biodiesel, porém foram abordados os dois mais utilizados no mercado, que consiste no sistema de lagoas abertas (Raceway Pounds) e os sistemas de fotobiorreatores, ambos com aplicabilidade no reuso dos efluentes de carcinicultura. Neste trabalho, as características da água para cultivo de microalgas para produção de biodiesel foram abordadas, bem como, os produtos provenientes tiveram sua tipologia quanto à sua qualidade e o fim comercial analisados conforme as exigências da Agência Nacional do Petróleo.

Palavras-chave: Algas. Biodiesel. Biomassa.

Abstract

Biodiesel production in the world and has grown steadily along its technologies. Natural resources are plentiful, however there is some difficulty in the extraction of these biomass resources, in most cases financial. One of these is the algae that even having an exponential potential for the generation of biodiesel, finds a huge bottleneck on the cost of it. There are at least four recovery mechanism biodiesel have been addressed but the two most used on the market, which consists of open ponds (Raceway Pounds) systems and bioreactors system. Applicability to both the reuse of effluents from shrimp farming. Water features were addressed in a clear and biodiesel from algae were also covered reporting of their quality and the commercial purpose as required by the National Petroleum Agency.

Keywords: Biodiesel. Biomass. Algae.

1 Introdução

O combustível especificado como "óleo diesel" somente surgiu com o advento dos motores diesel de injeção direta, sem pré-câmara. A disseminação desses motores se deu na década de 50, com a forte motivação de rendimento muito maior, resultando em baixos consumos de combustível. Além dos baixos níveis de consumo específico, os motores a diesel modernos, produzem emissões, de certa forma aceitáveis, dentro de padrões estabelecidos (GAZZONI, 2009), tendo em vista que o combustível diesel ficou conhecido pelo derivado de petróleo e não pelo óleo vegetal como foi apresentado pela primeira vez na história através de uma máquina movida a óleo de amendoim por Rudolf Christian Karl Diesel (1853-1913).

O crescente preço dos combustíveis e o foco internacional sobre o impacto ambiental das emissões gasosas têm conduzido à procura de recursos renováveis e ao desenvolvimento de tecnologias verdes que suportem as indústrias e a necessidades do mercado mundial. Na união europeia, o setor dos transportes é responsável por cerca de um quarto das emissões de gases causador do efeito de estufa (ANTUNES, 2010).

A produção de biodiesel a partir de algas tem sido pesquisada por uma centena de laboratórios e empresas no mundo. Empresas tais como Chevron, Exxon, NASA, USdoe, Honeywell, Boeing, Oilfox, têm anunciado instalações comerciais.

Existe um conhecimento da produção de algas em lagoas de alta taxa aproveitando efluentes domésticos (PAZ, 2010). As algas podem produzir energia o ano todo, em oposição às culturas vegetais, com uma ou, no máximo, duas colheitas anuais (DE LUCA, 2008). Pesquisas recentes indicam que a produção de biodiesel a partir de algas poderá mudar radicalmente o mercado de combustíveis. Com potencial de produção de óleo muito superior por área equivalente de cultivo do que as culturas tradicionais produzidas em terra e utilizadas na produção do biodiesel. As algas despertaram o interesse mundial e as pesquisas e estratégias dos investidores são, em sua maioria, mantidas em segredo (DEFANTI, 2010).

As algas são organismos fotossintéticos que usam a energia do sol para converter água e CO₂ em biomassa (todo recurso renovável que provém de matéria orgânica de origem vegetal ou animal para obtenção de energia). Elas utilizam o ambiente aquático (com águas residuárias) para se desenvolverem, não sendo necessária a produção a partir de plantas cultivadas na terra. Assim, evita o conflito existente entre as plantações destinadas à alimentação e aquelas destinadas à produção de biocombustíveis. Apesar do Brasil ser a matriz energética mais limpa do mundo, existe a necessidade da viabilidade econômica na produção de combustíveis para a redução da emissão de gases poluentes, principalmente pelas diversas mudanças climáticas em razão do efeito estufa, provocadas pelo consumo desenfreado de combustíveis altamente poluentes (GAZZONI, 2009).

Os cultivos de algas vêm sendo estudados desde o século XIX no mundo inteiro e, a partir da metade do século XX, no Brasil. As microalgas podem ser cultivadas em ambientes controlados para fins comerciais, especialmente para a extração de compostos bioquímicos como ácidos graxos poli-insaturados, corantes e enzimas, (DERNER, 2006).

Uma das principais vantagens do Biodiesel é a sua capacidade de redução em cerca de 90% das emissões poluentes como o dióxido de carbono (um dos principais responsáveis pelo efeito de estufa) e 98% de enxofre. "A queima de biocombustíveis não contribui para as emissões dado que se limita a devolver à atmosfera o dióxido de carbono dela retirados pela planta enquanto cresceu." (YUN, 2008).

Tal como outro qualquer combustível, o Biodiesel tem vantagens e desvantagens. As principais desvantagens estão no custo de produção, implantação, tanques de cultura onde espécies invasivas podem surgir, além de altos índices de ácidos graxos e iodo presentes nas algas obtidas tornam necessárias várias etapas de purificação, o que encarece a sua produção. Algumas culturas de

microalgas têm alta densidade, assim, é mais difícil para a luminosidade penetrar nelas. Os métodos de extração continuam caros e há dificuldades em se desidratar a alga para extração do óleo.

Do ponto de vista social, a produção de biodiesel favorecerá a fixação do homem no campo em condições dignas, reduzindo novos investimentos em infraestrutura nas cidades, pois propiciará a geração de empregos diretos e indiretos, como a agricultura familiar que fornecerá matéria-prima para produção de biodiesel proporcionando desenvolvimento regional (SILVA, 2010).

As tecnologias de colheita das algas são o grande componente de custo. As técnicas mais baratas envolvem a coagulação com quitosana e a remoção dos coágulos por flotação a ar dissolvido, seguidas de centrifugação do flotado e extração do bio-óleo com hexano. (DE LUCA, 2008).

O presente artigo relata os principais meios de cultivo de algas a fim de se produzir biodiesel, bem como, as características do mesmo. Abordando diversas literaturas de matérias já publicadas, artigos periódicos e materiais disponíveis na internet, de forma a demonstrar o caráter da viabilidade ambiental, técnica e econômica da unificação de processos produtivos.

2 Referencial Teórico

As microalgas são organismos de estrutura unicelular e de característica autotrófica, sendo assim, produzem seus próprios nutrientes através da fotossíntese, no entanto há algas de características heterotróficas em que consiste ser providas de nutrientes encontrados no ecossistema, como por exemplo, as algas azuis e as cianobactérias.

As microalgas podem ser encontradas em meio terrestre ou aquoso, tanto em água doce quanto salgada, e desempenham uma importante função como produtoras primárias de matéria orgânica do planeta, destacando-se nesse sentido as microalgas oceânicas que integram o fitoplâncton (CHISTI, 2004).

Segundo Raven (2001), a fotossíntese é o processo biológico realizado pelas algas que utiliza energia luminosa, gás carbônico (CO_2) atmosférico e água para produzir a glicose, um carboidrato com função energética para os seres vivos. Esse processo é fundamental para o equilíbrio dos gases atmosféricos, pois ele fixa o carbono inorgânico da atmosfera, convertendo-o em carbono orgânico constituinte da molécula de glicose e liberando oxigênio (O_2) para o ambiente.

As microalgas são capazes de produzir energia anualmente, além de não competir com produções agrícolas de alimentos, utilizar solos inapropriados para a agricultura, ocupar uma área de produção menor, pois apresentam produtividade significativamente superior a das plantas oleaginosas, aproximadamente 94,7 % em relação à palma e 99,7 % à soja (CHISTI, 2007), conforme mostra na Figura 1, abaixo.

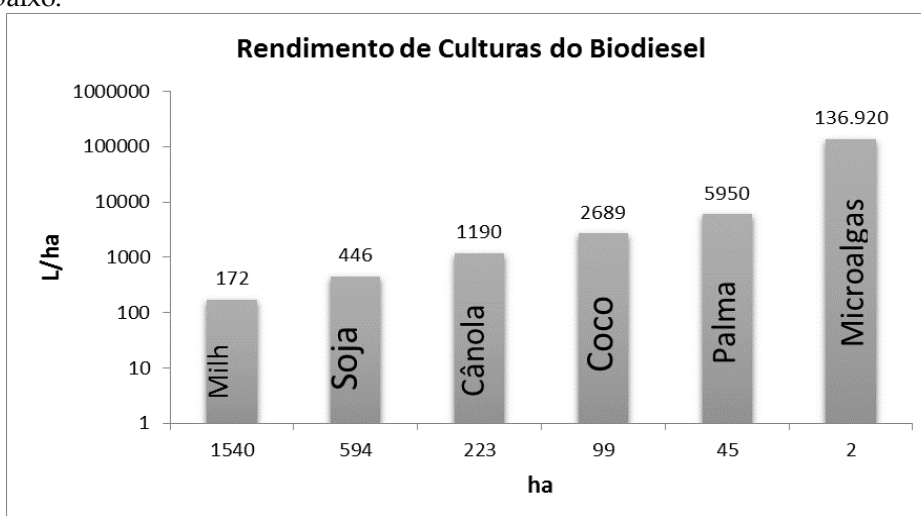


Figura 1 – Rendimento Anual de culturas do biodiesel.

Fonte: Chisti, 2007

Esses cultivos podem ser realizados de diversas formas, em diversos volumes de cultura e são mais vantajosos que os cultivos de plantas terrestres por alguns fatores tais como (WESOFF, 2009):

- Um cultivo de microalgas é um sistema biológico eficiente na utilização da energia solar para a produção de matéria orgânica, sendo que muitas espécies crescem mais rapidamente que as plantas terrestres por unidade de área, fato que possibilita maiores rendimentos de biomassa (maior produtividade) (WESOFF, 2009).

- Sua natureza unicelular assegura uma biomassa com mesma composição bioquímica, o que não ocorre nas plantas terrestres que apresentam compostos localizados em partes específicas: nos frutos, folhas, sementes ou raízes (WESOFF, 2009).

- Por manipulação das condições ambientais de cultivo (e.g. luz, temperatura, nutrientes), muitas espécies podem ser induzidas a sintetizar e acumular altas concentrações de proteínas, carboidratos, lipídios etc. Tais compostos apresentam um elevado valor comercial, principalmente por serem produtos naturais (WESOFF, 2009).

- Podem crescer bem em regiões com extremas condições climáticas. Os cultivos podem ser desenvolvidos com água marinha ou de estuários, a qual não pode ser convencionalmente empregada no cultivo de plantas com valor para a agricultura, ou com água proveniente de diversos processos de produção (agropecuária industrial e dejetos domésticos, por exemplo) (WESOFF, 2009).

3 Metodologia

O estudo constitui-se de uma pesquisa aplicada, pois objetiva levar conhecimentos para extensão das tecnologias e práticas de gerenciamento para obtenção do biodiesel a partir da produção de microalgas, vinculada ao processo da água de despesca da carcinicultura.

Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de um estudo exploratório-descritivo, o qual visa descrever a problemática em discussão, buscando caracterizar o objeto de estudo. Seguindo a metodologia da pesquisa, realizou-se a análise descritiva das variáveis de interesse no estudo. Denominou-se população a um conjunto de elementos que queremos abranger em nosso estudo e que são possíveis de serem observados, com respeito às características que pretendemos levantar (Gil, 1991).

4 Resultados e Discussões

O combustível especificado como "óleo diesel" somente surgiu com o advento dos motores diesel de injeção direta, sem pré-câmara. A disseminação desses motores se deu na década de 50, com a forte motivação do aumento nos rendimentos dessa nova técnica, resultando em baixos consumos de combustível. Além dos baixos níveis de consumo específico, os motores a diesel modernos, produzem emissões, de certa forma aceitáveis, dentro de padrões estabelecidos (GAZZONI, 2009).

4.1. Requisitos para o cultivo de microalgas

O crescimento autotrófico tem como fonte de carbono o CO_2 ou o HCO_3^- dissolvido na água, mas ainda requerem outros nutrientes, especialmente os macros Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) e micronutrientes (metais), além de vitaminas. A temperatura e o pH devem estar na faixa de tolerância da microalga cultivada, que pode variar bastante entre gêneros e até espécies (FRANCO, 2012).

As microalgas, em sua diversidade, são organismos muito flexíveis quanto ao habitat, sendo encontradas tanto em ambientes úmidos terrestres, quanto em ambientes aquáticos de água doce, salobra e salgada. Esta capacidade proporciona vantagens consideráveis em comparação com os cultivos convencionais utilizados para a produção de biodiesel, com potencial de minimizar o uso e os impactos ambientais adversos nos recursos naturais solo e água (FRANCO, 2012).

O cultivo de algas deve ser enriquecido com nutrientes para compensar as deficiências da água de despesca utilizando macronutrientes que incluem nitrato, fosfato e silicato a Tabela 1 a seguir ilustra as principais premissas para o cultivo de microalgas.

	Requerimentos	Compostos Químicos	Valores	Valores Ideais
Físicos	Luz (Fotobiorreatores)		2,000 – 10,000 lux	2,500 - 5,000
	Luz (<i>Raceway</i>)		30,000 – 100,000 lux	-
	Temperatura		16 – 27°C	18 – 24°C
	Salinidade		12 – 40 g.L ⁻¹	20 - 24 g.L ⁻¹
	pH		7 – 9	8.2 - 8.7
	Tempo de iluminação		16:8 (mínimo) 24:0 (máximo)	-
Nutritivos	C	CO ₂ CO ₃ ≈	g/100 ml	-
	O, H	O ₂ H ₂ O	g/100 ml	-
	N	N ₂ NH ₄ + NO ₃	g/100 ml	-
	P	PO ₄ ≈	g/100 ml	-
	S	SO ₄ ≈	g/100 ml	-
	Na, K, Ca, Mg	Sales	g/100 ml	-
	Fe, Zn, Mn, B, Br, Si	Sales	mg/100 ml	-
	Cu, Co, Cl, I, Sr, Rb, Al,	Sales	µg/100 ml	-
	Vitaminas	B ₁₂ , tiamina, biotina	µg/100 ml	-

Tabela 1 – Principais Premissas para o Cultivo das Algas

Fonte: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab473s/ab473s02.htm>

4.2. Processo de transesterificação

A produção de biodiesel por algas é resultado do processo transesterificação, um processo de conversão de óleos vegetais em biodiesel. No processo de transesterificação, os triglicerídeos presentes no óleo são transformados em moléculas menores de ésteres de ácido graxo (biodiesel) a partir de um agente transesterificante (álcool primário) e um catalisador (base ou ácido) (BRASIL, 2014).

Quimicamente, a transesterificação significa que tendo uma molécula de triglicerídeo ou um ácido graxo complexo, neutralizar os ácidos graxos livres, removendo-se a glicerina e ocorre a criação de um éster de álcool. Isto é obtido através da mistura de metanol, com hidróxido de sódio para gerar o metóxido de sódio, como uma das maneiras. Este líquido é então misturado ao óleo vegetal. Em seguida, toda a mistura é decantada. A Glicerina é deixada na parte inferior e os ésteres metílico ou biodiesel ficam na parte superior. A glicerina pode ser usada para fazer sabão e os ésteres metílicos são lavados e filtrados (BRASIL, 2014).

A transesterificação do óleo de algas é normalmente feito com etanol e o Etanoato de Sódio, para servir como catalisador. Assim, o catalisador auxilia na reação com o óleo de algas (triglicerídeos) para produzir biodiesel e o glicerol. Os produtos finais da reação são consequentemente o biodiesel, Etanoato de sódio e o glicerol (BRASIL, 2014).

Com os produtos finais da reação de transesterificação são misturado éter e água salgada, onde, depois de algum tempo, e toda essa mistura se separará em duas fases heterogêneas, com a fase de fundo contendo-o uma mistura de éter e biodiesel (BRASIL, 2014).

O biodiesel é por sua vez separado do éter por um vaporizador sob um alto vácuo. Como o éter evapora primeiro, o Biodiesel permanecerá. O biodiesel a partir de algas já está pronto para uso (BRASIL, 2014).



Figura 2 – Etapas da Reação de transesterificação do biodiesel
 Fonte: OILGAE (2015)

4.3. Tipos de cultivos

Foi feita pesquisa e consultas a vários artigos disponíveis na internet sobre os tipos de processos, para a produção de biodiesel através de microalgas e dos seus requisitos. Atualmente existem duas formas praticáveis de produção em larga escala, na qual a primeira compreende na utilização de tanques abertos, (*Raceway Pounds*) e a segunda com fotobiorreatores tubulares fechados.

O método *Raceway Pounds* (Lagoas Abertas) é utilizado desde os anos 50 e o domínio da tecnologia se mostra bastante consolidado nos dias atuais. Sua estrutura consiste em tanques construídos por concreto ou terra compactada, ver Figura 3, que constitui por canais de recirculação por rodas de pás com profundidade entre 20-30 cm e largura 1-7 m. Ocupa bastante espaço na ordem de 0,5-200 ha em casos de cultivo extensivo.



Figura 3 – Raceway Pounds

Fonte: <http://algaetech.kr/?doc=bbs/gnuboard.php&bo_table=go_algae&page=1&wr_id=354>

Durante o dia a cultura de algas é alimentada constantemente. É recolhido um caldo por trás das pás e no final deste processo elas continuam em operação para evitar a sedimentação dos resíduos. O *Raceway Pounds* possui um índice de produtividade superior a 10 g de peso seco/m² (CHISTI, 2003).

A produção por fotobiorreatores, ver Figura 4, permite culturas individualizadas e tem sido utilizado com êxito na produção de biomassa alga. Ele consiste em uma série de tubos transparentes podendo ser de plástico ou de vidro que atuam como receptores de energia solar.

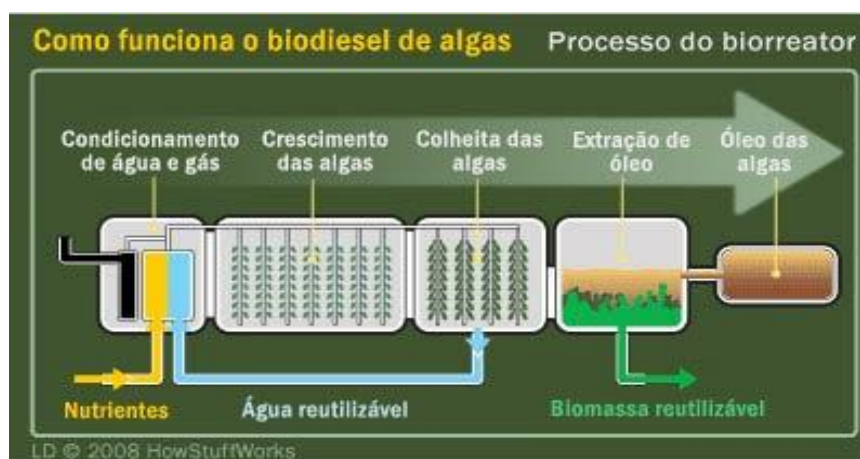


Figura 4 – Fotobiorreator utilizado para produção de biodiesel a partir de algas.

Fonte: <http://carros.hsw.uol.com.br/biodiesel-de-algas3.htm>

A seguir a Tabela 2 mostra um comparativo entre os dois métodos apresentados neste artigo.

Parâmetro	Tanques (Raceway)	Sistemas Fechados (Fotobiorreatores)
Espaço Requerido	Muito	Pouco
Risco de contaminação	Alto	Médio a Baixo
Perda de água	Alto	Baixo
Concentração de Oxigênio	Usualmente baixa	Deve ser removido continuamente
CO ₂ - Perdas	Alto	Quase nenhuma
Reprodutibilidade da produção	Variável, mas consistente.	Possível dentro de determinadas tolerâncias
Controle de Processo	Limitado	Possível
Desgaste do material de construção	Baixo	Usualmente Alto
Temperatura	Variável, mas consistente.	Necessário Resfriamento
Custo de colheita	Alto	Médio
Manutenção	Fácil	Difícil
Custo da Construção	Médio	Alto
Concentração de biomassa na colheita	Baixo	Alto

Tabela 2 – Comparativo dos métodos.

Fonte: Azeredo (2012).

4.4. Despesca

O efluente proveniente da despesca da carcinicultura deve ser devidamente tratado para que seja mantida a taxa de crescimento das algas. O mesmo é composto de nitrogênio, fósforo, matéria

orgânica, material particulado em suspensão além de outros compostos químicos utilizados no controle de doenças dos organismos cultivados. A Tabela 3, a seguir, exemplifica as características deste efluente. Segundo FIGUEIREDO, 2004 foi realizada uma análise de efluentes do Rio Jaguaribe que foi tomado como referência para a demonstração das características do mesmo.

Parâmetros	Unidades	Despesca	
		Mínimo	Máximo
pH	-	7,1	9,0
Temperatura	°C	25,0	28,0
Turbidez	UNT	90,00	461,00
Sólidos Susp. Totais	mg/L	182,0	1130,0
Sólidos Susp. Fixos	mg/L	80,0	824,0
Sólidos Susp. Voláteis	mg/L	102,0	306,0
Sólidos Sedimentáveis	mgN/L	0,70	31,00
Salinidade	g/L	15,5	33,5
Nitrato	mgN/L	0,13	0,26
Amônia Total	mgN/L	0,51	6,39
Fósforo Total	mgP/L	0,27	0,85
Clorofila a	µg/L	83,70	385,80
Alc. Total	mgCaCO ₃ /L	98,00	261,00
Col. Termotolerantes (NMP/I00mL)		2	130

Tabela 3 – Características do Efluente de Camarão

Fonte: Figueiredo (2004).

Quanto à integração dos efluentes da carcinicultura à produção de biodiesel por algas constituído no mesmo, nota-se que os valores dispostos na Tabela 3 são semelhantes às premissas da Tabela 1, em alguns casos necessitando ajustes específicos.

Quanto aos requisitos físicos sabe-se que os valores admissíveis para intensidade de luz variam de 2000 à 10000 lux, para fotobiorreatores, sendo o ideal de 2500 à 5000 lux, valores estes que podem ser manipulados no caso dos fotobiorreatores através de sensores de luminosidade. No caso do sistema de lagoas abertas os valores admissíveis segundo a Tabela 1 variam de 30000 à 100000 lux correspondente à luminosidade da luz do dia para dias menos intensos e mais intensos respectivamente. Os tempos de iluminação retrata somente ao sistema de fotobiorreatores onde se pode manipular esta variável correspondendo à escalas de 16:8 (mínimo) e 24:0 (máximo)

O pH da Tabela 3 corresponde aos valores que variam de 7,1 à 9,0 estando dentro da tolerância estabelecida nas premissas de valores da Tabela 1. No entanto os valores ideais para garantir uma ótima produção estabelecida pela mesma é de 8,2 à 8,7 pois assim evita-se o colapso dos processos celulares. Para se evitar esse colapso se faz a aeração da cultura. Caso a cultura seja de alta densidade a adição de dióxido de carbono corrige o aumento de pH.

A temperatura do efluente possui valores que variam de 25 - 28°C, sendo que o valor máximo não é correspondente ao da premissa da Tabela 1 embora possa variar de acordo com da cultura da alga bem como a espécie. Os valores ideais variam de 20 – 24 °C, sendo que se podem tolerar variações de 16 – 27 °C. Temperaturas abaixo de 16 °C abrandam a taxa de crescimento e valores superiores à 27 °C

são letais para algumas espécies. Se necessário as culturas de algas podem ser arrefecidas por um fluxo de água fria ou pelo controle ar refrigerado no caso dos fotobiorreatores.

Quanto aos sólidos suspensos poderá ser controlado através de filtros de carvão ativado e trocas iônicas. Já os sólidos sedimentáveis presentes na Tabela 3 se faz necessária a areação do cultivo seja ela por pás no caso do *Raceway Ponds* ou por ar dissolvido nos inóculos dos fotobiorreatores. Esta ação evitará a sedimentação das algas bem como propiciar uma melhor exposição à luz e nutrientes e melhorar as trocas gasosas entre a cultura e o ar ou seja, a fotossíntese. Esse processo já resolve o caso da turbidez que é o acúmulo de sólidos suspensos.

Os valores da amônia total (0,51 – 6,39), fósforo total (0,27 – 0,85), devem ser controlados. No caso da amônia total deve – se diluir esta concentração com água fria (já ajudaria na temperatura, anteriormente mencionado) a fim de alcançar o valor de 1g/100ml de acordo com as premissas da Tabela. Já no caso do fósforo total a simples adição de Fosfato (PO_4) para que se atinja o valor de 1g/100ml pois apesar de possuírem importância quanto a taxa de crescimento das algas, as mesmas podem sofrer o processo de eutrofização. A clorofila encontra-se em níveis satisfatórios que correspondem a 83 – 385,80 $\mu g/L$, devendo ser controlados para não ocorrer a eutrofização, mas que beneficie a floração de algas sem perder a incidência da luz solar.

Quanto à Alcalinidade (Carbono Inorgânico) as algas fazem aproveitamento de fator no aproveitamento dos bicarbonatos e carbonatos. Deve-se atentar apenas para o aumento do pH para que não seja letal para as algas conforme mencionado anteriormente.

Segundo Azeredo (2012) para que o biodiesel produzido, a partir de microalgas, seja aceito tanto no mercado nacional quanto nos mercados internacionais, as suas propriedades físico-químicas devem estar dentro dos padrões nacionais, definidos pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, e internacionais como o *International Biodiesel Standard for Vehicles* (EN 14214) e o *ASTM Biodiesel Standard*. As propriedades do biodiesel como combustível são determinadas pelas características dos ácidos graxos que o compõe. As características mais importantes são:

- I. Número de cetanos: que é um indicador primário da qualidade do combustível, e está relacionado com o tempo de atraso da ignição, i.e., o tempo que passa entre a injeção do combustível dentro do cilindro e o início de ignição. O número de cetanos é conceitualmente similar ao número de octanos da gasolina;
- II. Poder de combustão: que aumenta com o aumento do tamanho da cadeia de carbono dos ésteres graxos;
- III. Propriedades de fluxo em baixas temperaturas: esse é um dos maiores problemas associados ao uso de biodiesel, indicado pelos relativos altos pontos de agregação (*high cloud point*, em inglês). O *cloud point* é a temperatura na quais compostos formados por gorduras e óleos começam a se agregarem devido à formação de cristais e à solidificação dos saturados. Por ter altos *cloud points*, o biodiesel está sujeito à formação de agregados em temperaturas ambientes, o que pode trazer diversos problemas operacionais. Uma forma de contornar esse problema é aumentar a concentração de ácidos graxos insaturados na composição dos ésteres graxos;
- IV. Estabilidade oxidativa: esta propriedade está associada à presença de concentrações elevadas de ésteres graxos insaturados que aumenta a propensão do combustível a ser oxidado em determinadas circunstâncias. Este fato afeta o biodiesel, principalmente durante longos períodos de armazenagem;
- V. Viscosidade, para o biodiesel: o aumento da viscosidade está relacionado com o aumento da cadeia carbônica e com o grau de saturação dos ésteres graxos. Quanto maior a viscosidade maior a tendência de formação de depósitos dentro do motor. Dessa forma, observa-se que tanto os ésteres graxos saturados quanto os insaturados possuem vantagens e desvantagens, e o ideal é encontrar uma forma de balancear a composição do biodiesel para que obtenha um melhor desempenho. A Tabela 4 compara as propriedades de biodiesel de primeira geração, biodiesel de microalgas e os principais padrões.

Propriedades	Unidade	Biodiesel 1ª Geração	Biodiesel de Microalgas*	ANP 07/08	EM 14214	ASTM D6751
PCS	MJ/kg	31,8 - 42,3	41	-	-	-
Viscosidade cinemática a 40 °C	mm ² /s	3,6 - 9,48	5,2	3,0 - 6,0	3,5 - 5,2	3,5 - 5,0
Densidade	Kg/L	0,86 - 0,89	0,864	0,85-0,9	0,86- 0,9	0,86 - 0,90
Número de Cetanos	-	45 - 65	-	-	> 51	-
Ponto de Fulgor	°C	100 - 170	115	> 100	> 101	> 100
Ponto de Entupimento de filtro a frio	°C	3 - 12	-11	< 19	-	0
Índice de Acidez	Mg KOH/g	-	0,374	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tabela 4 - Propriedades de Biodiesel de primeira geração e biodiesel de microalgas e os principais padrões (*biodiesel em condições específicas testadas pelo autor).

Fonte: Azeredo, 2012

9 Conclusões

Para a produção de biodiesel por algas é necessário analisar a capacidade de sobrevivência no ambiente das algas, verificar se há altos índices de produtividade lipídica e manutenção das taxas de crescimento do mesmo, níveis de aproveitamento de CO₂ de soluções enriquecidas, efeito de penetração solar e fluorescência, sazonalidade das populações naturais, custos e tecnologias de colheitas.

As microalgas possuem um índice de reprodução satisfatório em níveis exponenciais, tanto que algumas espécies chegam a crescer até duas vezes em um dia de cultivo. O índice de conversão de luz solar em biomassa é superior à de plantas de outras espécies, e produções acima de 150 toneladas de biomassa por hectare por ano são factíveis. No entanto considerando uma média de 35% de lipídios na microalga seca, e um rendimento de extração de óleo de 90%, seriam necessários 257 t de microalgas/dia para substituir todo o diesel consumido no país para uso em motores a diesel veicular (40 bilhões de L/ano)

Um sistema aberto está sujeito a flutuações e variações de temperaturas, com isso resulta em evaporação para a atmosfera além da contaminação de microrganismos provenientes do meio externo e baixa eficiência na assimilação de CO₂ proveniente das variações climáticas. No caso dos fotobiorreatores, eles possuem uma capacidade de produção muito superior aos sistemas de lagoas abertas (Raceway Pound), no entanto possui um custo muito elevado, sendo assim o custo final para uma refinaria seria bem alto.

O cultivo de microalgas apesar de se mostrar vantajoso enfrenta obstáculos quanto sua escala de produção e custo efetivo.

Agradecimentos

Agradecimentos aos revisores e colaboradores da pesquisa.

Referências

- ANTUNES, Raquel et al. Utilização de Algas para a produção de biocombustíveis. 2010. Disponível em: <[http://www.marcasepatentes.pt/files/collections/pt_PT/1/300/302/Utilização de algas para a produção de biocombustíveis.pdf](http://www.marcasepatentes.pt/files/collections/pt_PT/1/300/302/Utilização%20de%20algas%20para%20a%20produção%20de%20biocombustíveis.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- AZEREDO, Vinícius Barbosa Salles de. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO CULTIVO DE MICROALGAS: ESTIMATIVA DE CUSTOS E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL. 2012. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/vinicius_barbosa.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- BRASIL. JENNIFER FOGAÇA. Reações de Transesterificação. 2014. Disponível em: <<http://www.brasile scola.com/quimica/reacoes-transesterificacao.htm>>. Acesso em: 17 nov. 2014.
- CHISTI, Y. Microalgae: our marine forests. *Biotechnology Advances*, n. 22, p. 565-567. 2004.
- CHISTI, Yusuf. Biodiesel from microalgae. 2007. Disponível em: <<http://www.tamu.edu/faculty/tpd8/BICH407/AlgaeBiodiesel.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- CORGO e SILVA, S. (2009) Breve Enciclopédia do Biodiesel – Tudo o que precisa de saber, Vida Económica – Editorial SA, Porto.
- De Luca, S. J. (2008) Produção de Camarões pelo Processo Heterotrófico Superintensivo. Relatório de Pesquisa. CNPq.NREL/TP-58-24190, 1998. A Look Back to US Dept Energy Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae. Washington, DC.
- DEFANTI, Leonardo S. et al. Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes. *Revista de Divulgação do Projeto Universidade Petrobras e If Fluminense*, Rio de Janeiro, p.11-21, nov. 2010.
- DERNER, R B. Efeito de fontes de carbono no crescimento e na composição bioquímica das microalgas *Chaetoceros muelleri* e *Thalassiosira fluviatilis*, com ênfase no teor de ácidos graxos poliinsaturados. 158p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- FIGUEIREDO, Maria Cléa Brito De Et Al. Impactos Ambientais Do Lançamento De Efluentes Da Carcinicultura Em Águas INTERIORES. *SciELO*, João Pessoa, P.1-8, 21 Dez. 2004. Disponível Em: <[Http://Www.Scielo.Br/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S1413-41522005000200011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000200011)>. Acesso Em: 20 Out. 2014.
- FRANCO, André Luiz Custódio. BIODIESEL DE MICROALGAS:: AVANÇOS E DESAFIOS. 2012. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013000300015&script=sci_arttext>. Acesso em: 11 set. 2014.
- GAZZONI, D. L.. História e Biodiesel. Elaboração D. L. Gazzoni. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia.htm>>. Acesso em: 20 nov 2013.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.
- GOLDEMBERG, Sérgio. Algae inova na produção de microalgas. 2011. Disponível em: <http://www.algae.com.br/noticias/mostra_noticia/algae_inova_na_producao_de_microalgas.html> . Acesso em: 20 nov. 2013.
- NEWMAN, Stefani. Como funciona o biodiesel de algas. Traduzido por HowStuffWorks Brasil. Disponível em: <<http://carros.hsw.uol.com.br/biodiesel-de-algas3.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- OILGAE. Transesterification. Disponível em: <<http://www.oilgae.com/algae/oil/biod/tra/tra.html>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

- PAZ, Marcio Ferreira et al. REÚSO DE EFLUENTES DE FAZENDA DE CAMARÃO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE ALGAS. *Aidis*, Santiago - Chile, p.2-3, 23 jul. 2010. Disponível em:
<<http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/HidroEX/RE%DASO%20DE%20EFLUENTES%20DE%20FAZENDA%20DE%20CAMAR%C3O%20PARA%20PRODU%C7%C3O%20DE%20BIODIESEL%20DE%20ALGAS.doc>>. Acesso em: 01 nov. 2013.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.906p. 2001.
- Schenk, et al. (2008) Second Generation Biofuels: High Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. *Bioenergy Res.*, March, pp1-48.
- SILVA, Nívea de Lima da. PRODUÇÃO DE BIODIESEL: PROCESSO E CARACTERIZAÇÕES. 2010. 201 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <www.feq.unicamp.br>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- VULTOS, Daniel Alexandre Almeida Namorado dos. *Desenvolvimento Sustentável: A utilização do Biodiesel no Concelho do Seixal*. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia Humana, Universidade de Nova Lisboa, Lisboa, 2012.
- WESOFF, Eric. *Growing Algae: Open Pond vs. Closed Bioreactors*. 2009. Disponível em: <<https://www.greentechmedia.com/green-light/post/open-pond-vs.-closed-bioreactors-4012/>>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- YUN, J. *Como arrefecer o planeta*, Presença, Lisboa. 2008.